



(19)



PATENDIAMET

(11) **EE 202000020 A**

(51)

Int.Cl.

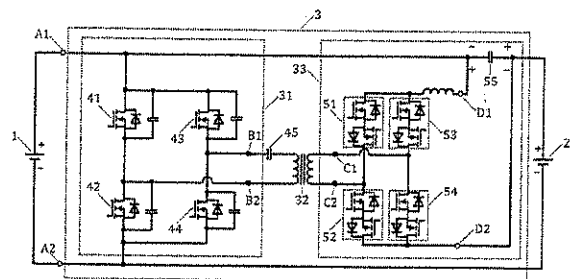
H02M 3/335 (2021.01)

(12) **PATENDITAOTLUS**

<p>(21) Patenditaotluse number: P202000020</p> <p>(22) Patenditaotluse esitamise kuupäev: 15.12.2020</p> <p>(43) Patenditaotluse avaldamise kuupäev: 15.07.2022</p>	<p>(71) Patenditaotleja:</p> <p>Tallinna Tehnikaülikool Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</p> <p>(72) Leiutise autorid:</p> <p>Andrei Blinov Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</p> <p>Andrii Chub Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</p> <p>Oleksandr Korkh Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</p> <p>Dmitri Vinnikov Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</p> <p>Ilja Galkins Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</p> <p>Dimosthenis Peftitsis Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</p>
--	---

(54) **Süsteem ja meetod võimsuse edastamiseks kahe alalispingeallika vahel**

(57) Süsteem ja meetod võimsuse edastamiseks kahe alalispingeallika vahel hõlmab esimest ja teist alalispingeallikat ja alalispingemuundurit. Alalispingemuundur sisaldab esimest kahesuunalist muundurit, eraldustrafot ja teist kahesuunalist muundurit. Esimesel kahesuunalisel muunduril on alalispingemuunduri reguleerimisulatuse suurendamiseks muudetava konfiguratsiooniga sildlülitus, mille teine sisend- ja väljundviikude paar on ühendatud eralduskondensaatori kaudu eraldustrafo esimese mähisega. Meetodi kohaselt tehakse kindlaks esimese ja teise alalispingeallika pingete erinevus ja vastavalt pingete erinevuse väärtusele muudetakse alalispingemuunduri reguleerimisulatuse suurendamiseks esimese kahesuunalise muunduri sildlülituse konfiguratsiooni täissilla ja asümmeetrilise poolsilla vahel.



(57) System and method for power transfer between the two DC voltage sources comprises a first and a second DC voltage source and a DC-DC converter. The DC-DC converter includes a first bidirectional converter, an isolating transformer and a second bidirectional converter. The first bidirectional converter has a bridge circuit of variable configuration to increase the control range of the DC converter, the second pair of input/output pins being connected to the first winding of the isolating transformer via a series connected capacitor. According to the method, the voltage difference between the first and second DC voltage sources is determined, and according to the voltage difference value, the bridge configuration of the first bidirectional converter is changed between full-bridge and half-bridge.

SÜSTEEM JA MEETOD VÕIMSUSE EDASTAMISEKS KAHE
ALALISPINGEALLIKA VAHEL

Tehnikavaldkond

Leiutis kuulub alalisvoolu ülekandesüsteemides kasutatavate jõupooljuhtmuundurite
5 valdkonda ja käsitleb täpsemalt jõupooljuhtlülitite pehmelülitust kasutavaid kahe-suunalisi
alalispingemuundureid, mis edastavad energiat ja reguleerivad pinget kahe alalispingeallika
vahel. Leiutise olulisteks kasutusalaadeks on alalispinge-energiasüsteemid, sealhulgas ka alalis-
pingevõrgud ning elektersõidukite kiiralaadimissüsteemid.

Tehnika tase

10 Mitme eri toiteallika kasutamine alalispinge-elektrisüsteemides ja elektriautode ilmumine
energiaturule nõuavad alalispingemuundurite lahendusi, mis tagavad kahe-suunalise võimsuse-
ülekande.

Täisvõimsusega kahe-suunalise alalispingemuunduri korral asub muundur kahe alalis-
pingeallika vahel, kusjuures muundur põhineb tavaliselt galvaaniliselt eraldamata pinget
15 tõstval ja langetaval topoloogial. Sellised muundurid tagavad suure jõudluse regulee-
rimisulatus, juhitavuse ja kaitse osas, kuid nende töökindlus ja kulud võivad teatud
valdkondades piirata nende laialdast kasutamist.

Osavõimsusega alalispingemuundurid on konstrueeritud nii, et muundur töötleb ainult osa
võimsusest, ülejäänud osa edastatakse töötlemata kujul. Selliste muundurite eeliste
20 maksimeerimiseks tuleks töödeldud võimsuse kogus (osalisuse suhe) viia miinimumini.
Osavõimsusega muundurite jaoks on pakutud välja ja analüüsitud paljusid eri topoloogiaid,
kuid näiteks artiklis G. Spiazzi, "Reduced redundant power processing concept: A
reexamination" (2016 IEEE 17th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics
(COMPEL), Trondheim, 2016, pp. 1-8, doi: 10.1109/COMPEL.2016.7556677) toodud
25 uuringud näitavad, et praktilistes rakendustes võivad kasu tuua ainult galvaanilist isoleerimist
sisaldavad topoloogiad. Sellegipoolest peaksid osavõimsusega muundurid olema
projekteeritud madala osalisusesuhtega ja taolised muundurid võivad näidata suurepäras-
kulude ja kvaliteedi suhet rakendustes, mis ei vaja pinget reguleerimise laia ulatust. Parima
osalisuse ja/või pinget reguleerimise laiema ulatuse võib saavutada topoloogiate abil, mis on
30 võimelised pinget tõstma ja langetama.

Artiklis J. R. R. Zientarski, M. L. d. S. Martins, J. R. Pinheiro and H. L. Hey, "Series-Connected
Partial-Power Converters Applied to PV Systems: A Design Approach Based on

Step-Up/Down Voltage Regulation Range" (IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 33, no. 9, pp. 7622-7633, Sept. 2018, doi: 10.1109/TPEL.2017.2765928) on kirjeldatud üheastmelist ühesuunalist pinget tõstvat ja langetavat osavõimsusega alalispingemuundurit.

Üldjuhul võib kahesuunaline pinget tõstev ja langetav osavõimsusega alalispingemuundur
5 põhineda üheastmelisel isoleeritud maatriksmuundurite topoloogial. Patendikirjeldustes US9960687B2 ja US10116221B2 toodud topoloogiad põhinevad üldjuhul muunduri alalispinge-vahelduvpinge astmel, kõrgsageduslikul eraldustrafol ja vahelduvpinge-alalispinge astmel, mis on moodustatud kahesuunaliste pinget blokeerivate lülitite abil.

Leiutisele kõige lähedasemat ja tehnilise tulemuse poolest kõige sarnasemat lahendust on
10 kirjeldatud patendikirjelduses US10116221B2. Süsteem pingete kompenseerimiseks koosneb esimesest ja teisest alalispingeallikast, mille negatiivsed klemmid on omavahel ühendatud, ja alalispingemuundurist, mis sisaldab esimest kahesuunalist muundurit, mis koosneb sarnastest pooljuhtlülititest ja millel on esimene paar ja teine paar sisend- ja väljundviike, kusjuures esimene kahesuunaline muundur on ühendatud esimese sisend- ja väljundviikude paari kaudu
15 esimese alalispingeallikaga, mitme mähisega eraldustrafo ja teist kahesuunalist muundurit, mis koosneb sarnastest kahesuunalise pinget blokeerimise võimalusega pooljuhtlülititest ning osavõimsuse kondensaatorist ja millel on esimene paar ja teine paar sisend- ja väljundviike, kusjuures teise kahesuunalise muunduri esimene sisend- ja väljundviikude paar on ühendatud eraldustrafo teise mähisega ja teine sisend- ja väljundviikude paar on ühendatud esimese ja
20 teise alalispingeallika positiivsete klemmide vahele.

Eespool toodud lahenduse juures on kirjeldatud alalispingemuundurite eri topoloogiaid, mida kasutatakse igäühte eraldi lahendusena muunduri väljundpingepinge tõstmiseks või lange-
tamiseks. Trafo primaarpinge saadakse laias osavõimsuse vahemikus esimese alalispingeallika kogupingest, mis koormab pooljuhtlülitid, suurendab lülituskadusid, mistõttu väheneb
25 süsteemi kasutegur ja langeb pooljuhtlülitite rikketaluvus.

Leiutise olemus

Leiutise eesmärgiks on tuua kasutusele süsteem ja meetod võimsuse edastamiseks kahe alalispingeallika vahel, mis võimaldavad optimeerida süsteemi alalispingemuunduri tööd laias pinget reguleerimise ulatuses.

30 Leiutisekohane süsteem koosneb esimesest ja teisest alalispingeallikast, mille negatiivsed klemmid on omavahel ühendatud, ja alalispingemuundurist, mille moodustavad sarnastest

pooljuhtidest koosnev esimene kahesuunaline muundur, sarnastest kahesuunalise pinge blokeerimisvõimalusega juhivatest pooljuhtlülititest ja osavõimsuse kondensaatorist koosnev teine kahesuunaline muundur, millel on esimene paar ja teine paar sisend- ja väljundviike, ning eraldustrafo, kusjuures esimene kahesuunaline muundur on ühendatud esimese sisend- ja väljundviikude paari kaudu esimese alalispingeallikaga ja teise kahesuunalise muunduri esimene sisend- ja väljundviikude paar on ühendatud eraldustrafo teise mähisega ja teine sisend- ja väljundviikude paar on ühendatud esimese ja teise alalispingeallika positiivsete klemmide vahele, kusjuures leiutise eesmärk saavutatakse tuntud lahendusega võrreldes sellega, et alalispingemuunduri esimesel kahesuunalisel muunduril on alalispingemuunduri reguleerimisulatus suurendamiseks muudetava konfiguratsiooniga sildlülitus, mille teine sisend- ja väljundviikude paar on ühendatud eralduskondensaatori kaudu eraldustrafo esimese mähisega.

Eelistatult on esimesel kahesuunalisel muunduril täissilla ja asümmeetrilise poolsilla lülitus.

Eralduskondensaatori mahtuvus on valitud selline, et esimese kahesuunalise muunduri lülitussagedusel puudub resonants.

Leiutisele vastava meetodi kohaselt tehakse kindlaks esimese ja teise alalispingeallika pingete erinevus ja vastavalt pingete erinevuse väärtusele muudetakse alalispingemuunduri reguleerimisulatus suurendamiseks esimese kahesuunalise muunduri sildlülituse konfiguratsiooni täissilla ja asümmeetrilise poolsilla vahel.

20 Jooniste loetelu

Leiutist kirjeldatakse järgnevalt näite varal ja selgitatakse näitlikult joonise alusel.

Joonisel fig 1 on kujutatud süsteem võimsuste edastamiseks kahe alalispingeallika vahel esimese kahesuunalise muunduri täissillalülituses.

Joonisel fig 2 on kujutatud süsteem võimsuste edastamiseks kahe alalispingeallika vahel esimese kahesuunalise muunduri asümmeetrilise poolsilla lülituses.

Joonisel fig 3 on kujutatud võimsuse edastamine kahe alalispingeallika vahel eri töörežiimides.

Leiutise teostamise näide

Kahe alalispingeallika vahel võimsuse edastamise süsteemi teostamise näidet selgitatakse järgnevalt jooniste põhjal.

Joonis fig 1 illustreerib süsteemi võimsuste edastamiseks kahe alalispingeallika vahel esimese kahesuunalise muunduri täissilla lülituses. Süsteem võimsuste edastamiseks kahe alalispingeallika vahel koosneb esimesest alalispingeallikast 1, teisest alalispingeallikast 2 ja alalispingemuundurist 3. Esimese alalispingeallika 1 ja teise alalispingeallika 2 negatiivsed klemmid on omavahel ühendatud. Alalispingemuundur 3 sisaldab esimest kahesuunalist muundurit 31, mitme mähisega eraldustrafo 32 ja teist kahesuunalist muundurit 33. Esimene kahesuunaline muundur 31 koosneb sarnastest juhitavatest pooljuhtlülititest 41, 42, 43, 44. Esimene kahesuunaline muundur 31 on ühendatud esimese sisend- ja väljundviikude paari A1, A2 kaudu esimese alalispingeallikaga 1. Esimese kahesuunalise muunduri 31 teine sisend- ja väljundviikude paar B1, B2 on ühendatud eralduskondensaatori 45 kaudu eraldustrafo 32 esimese mähisega. Eralduskondensaatori 45 mahtuvus on valitud selline, et esimese kahesuunalise muunduri 31 lülitussagedusel puudub resonants. Esimese kahesuunalise muunduri 31 täissilla ühenduse korral takistab eralduskondensaator 45 alaliskomponendi jõudmist eraldustrafo 32. Teine kahesuunaline muundur 33 koosneb sarnastest kahesuunalise pinge blokeerimisvõimalusega juhitavatest pooljuhtlülititest 51, 52, 53, 54 ning osavõimsuse kondensaatorist 55. Teise kahesuunalise muunduri 33 esimene sisend- ja väljundviikude paar C1, C2 on ühendatud eraldustrafo 32 teise mähisega ja teine sisend- ja väljundviikude paar D1, D2 on ühendatud esimese alalispingeallika 1 ja teise alalispingeallika 2 positiivsete klemmide vahele.

Alalispingemuundur 3 lülitatakse sisse esimese kahesuunalise muunduri 31 täissilla konfiguratsioonis. Kordamööda lülitatakse sisse ja välja silla vastasõlgu ehk avatakse ja suletakse kordamööda juhitavate pooljuhtlülitite 41, 42, 43, 44 paarid 41, 44 ja 42, 43. Pooljuhtlülititeid kommuteeritakse suhtelise lülituskestusega, mis on alla 0,5. Joonistel fig 1 ja 2 on pooljuhtlülititena kujutatud MOSFET-transistore, kuid pooljuhtlülititena võib kasutada ka türistore või IGBT-transistore. Esimest kahesuunalist muundurit 31 juhitakse plokk- või pulssjuhtimise põhimõttel. Esimene kahesuunaline muundur 31 on vaheldi, mille pinget juhitakse eraldustrafo 32 esimesele mähisele. Eraldustrafole 32 rakendatakse täissilla konfiguratsioonis kogu esimese alalispingeallika 1 pingest tekitatud vahelduvpinge. Eraldustrafo 32 vähendab selle pinget teise kahesuunalise muunduri 33 jaoks võrdeliselt trafo ülekandeteguriga. Teises kahesuunalises muunduris 33 töödeldakse trafo teise mähise vahelduvpinge silla vastasõlgade pooljuhtlülitite 51, 52, 53, 54 paaride kordamööda sisse- ja väljalülitamisega vajaliku suurusega kompensatsioonipinge osavõimsuse kondensaatoril 55.

Mõlema kahesuunalise muunduri 31 ja 33 pooljuhtlüliteid kommuteeritakse juhtseadmega, mida pole joonisel kujutatud.

Joonis fig 2 kujutab süsteemi võimsuste edastamiseks kahe alalispingeallika vahel esimese kahesuunalise muunduri asümmeetrilise poolsilla lülituses. See lülitus tekitatakse joonisel 5 kujutamata juhtseadme abil, kui kahe alalispingeallika 1, 2 pingete erinevus ehk kompensatsioonipinge väärtus osavõimsuse kondensaatoril 55 on väiksem osavõimsuse kondensaatori 55 maksimaalse pinge poolest väärtusest. Sellel talitlusel on üks juhitud pooljuhtlülititest avatud (näitena 44), samal ajal kui sama haru teine juhitud pooljuhtlülit 43 on suletud. Pooljuhtlüliteid 41 ja 42 kommuteeritakse suhtelise lülituskestusega, mis on alla 0,5. Tänu 10 eralduskondensaatorile 45 rakendub nüüd eraldustrafo 32 esimesele mähisele pool esimesest alalispingeallikast 1 saadud pingest. Asümmeetrilise poolsilla lülitus parendab eraldustrafo 32 kasutamist, teise kahesuunalise muunduri 33 pinge on väiksem, seega suureneb alalispingemuunduri 3 reguleerimisulatus, pooljuhtlülititele rakendatud pinge on madalam ja nende lülituskaod on väiksemad. Asümmeetrilise poolsilla lülitust saab kasutada ka sildlülituse ühe 15 transistori rikke korral.

Joonis fig 3 kujutab võimsuse edastamist kahe alalispingeallika vahel eri töörežiimides. Neljakvadrantiline alalispingemuundur on muudetava voolusuuna ja kahepoolaarse reguleeritava pingega. Esimeses kvadrantis on esimese alalispingeallika pinge U_1 suurem teise alalispingeallika pingest U_2 , kompensatsioonipinge U_k osavõimsuse kondensaatoril ja 20 alalispingemuunduri väljundvool I on samas suunas. Neljandas kvadrantis on teise alalispingeallika pinge U_2 suurem esimese alalispingeallika pingest U_1 . Siin on väljundvoolu I suund sama, kuid kompensatsioonipinge U_k suund on vastupidine. Esimeses ja neljandas kvadrantis edastab süsteem võimsust esimesest alalispingeallikast teisele alalispingeallikale.

Teises kvadrantis on teise alalispingeallika pinge U_2 suurem esimese alalispingeallika pingest 25 U_1 , kolmandas kvadrantis on esimese alalispingeallika pinge U_1 suurem teise alalispingeallika pingest U_2 . Teises ja kolmandas kvadrantis edastab süsteem võimsust teisest alalispingeallikast esimesse alalispingeallikasse.

Kui esimese ja teise alalispingeallika pingete erinevusest tekkinud kompensatsioonipinge U_k väärtus osavõimsuse kondensaatoril on maksimaalse pinge poolest väiksem väärtusest 30 osavõimsuse kondensaatoril (viirutatud ala joonisel), siis töötab esimene kahesuunaline muundur asümmeetrilise poolsilla lülituses. Sellest suurema pinge korral kasutatakse esimese kahesuunalise muunduri täissilla lülitust. Kui kompensatsioonipinge U_k on null, siis talitleb alalispingemuundur möödaminekurežiimis ehk alalispingemuundur ei töötle võimsust.

PATENDINÕUDLUS

1. Süsteem võimsuste edastamiseks kahe alalispingeallika vahel, mis koosneb esimesest ja teisest alalispingeallikast (1, 2), mille negatiivsed klemmid on omavahel ühendatud, ja
5 alalispingemuundurist (3), mis sisaldab esimest kahesuunalist muundurit (31), mis koosneb sarnastest pooljuhtlülititest (41, 42, 43, 44) ja millel on esimene paar (A1, A2) ja teine paar (B1, B2) sisend- ja väljundviike, kusjuures esimene kahesuunaline muundur (31) on ühendatud esimese sisend- ja väljundviikude paari (A1, A2) kaudu esimese alalispingeallikaga (1), mitme mähisega eraldustrafo (32), ja teist kahesuunalist muundurit
10 (33), mis koosneb sarnastest kahesuunalise pinge blokeerimisvõimalusega pooljuhtlülititest (51, 52, 53, 54) ning osavõimsuse kondensaatorist (55) ja millel on esimene paar (C1, C2) ja teine paar (D1, D2) sisend- ja väljundviike, kusjuures teise kahesuunalise muunduri (33) esimene sisend- ja väljundviikude paar (C1, C2) on ühendatud eraldustrafo (32) teise mähisega ja teine sisend- ja väljundviikude paar (D1, D2) on ühendatud esimese
15 ja teise alalispingeallika (1, 2) positiivsete klemmide vahele, **mis erineb** selle poolest, et esimesel kahesuunalisel muunduril (31) on alalispingemuunduri (3) reguleerimisulatus suurendamiseks muudetava konfiguratsiooniga sildlülitus, mille teine sisend- ja väljundviikude paar (B1, B2) on ühendatud eralduskondensaatori (45) kaudu eraldustrafo (32) esimese mähisega.
- 20 2. Süsteem vastavalt nõudluspunktile 1, **mis erineb** selle poolest, et esimesel kahesuunalisel muunduril (31) on täissillalülitus.
3. Süsteem vastavalt nõudluspunktile 1, **mis erineb** selle poolest, et esimesel kahesuunalisel muunduril (31) on asümmeetrilise poolsilla lülitus.
4. Süsteem vastavalt nõudluspunktidele 1 kuni 3, **mis erineb** selle poolest, et
25 eralduskondensaatori (45) mahtuvus on valitud selline, et esimese kahesuunalise muunduri (31) lülitussagedusel puudub resonants.
5. Meetod võimsuse edastamiseks kahe alalispingeallika vahel süsteemiga, mis koosneb esimesest ja teisest alalispingeallikast (1, 2), mille negatiivsed klemmid on omavahel ühendatud, ja alalispingemuundurist (3), mis sisaldab esimest kahesuunalist muundurit
30 (31), mis koosneb sarnastest pooljuhtlülititest (41, 42, 43, 44) ja millel on esimene paar (A1, A2) ja teine paar (B1, B2) sisend- ja väljundviike, kusjuures esimene kahesuunaline

muundur (31) on ühendatud esimese sisend- ja väljundviikude paari (A1, A2) kaudu esimese alalispingeallikaga (1), mitme mähisega eraldustrafo (32) ja teist kahesuunalist muundurit (33), mis koosneb sarnastest kahesuunalise pinge blokeerimisvõimalusega pooljuhtlülititest (51, 52, 53, 54) ning osavõimsuse kondensaatorist (55) ja millel on esimene paar (C1, C2) ja teine paar (D1, D2) sisend- ja väljundviike, kusjuures teise kahesuunalise muunduri (33) esimene sisend- ja väljundviikude paar (C1, C2) on ühendatud eraldustrafo (32) teise mähisega ja teine sisend- ja väljundviikude paar (D1, D2) on ühendatud esimese ja teise alalispingeallika (1, 2) positiivsete klemmide vahele, **mis erineb** selle poolest, et tehakse kindlaks esimese ja teise alalispingeallika (1, 2) pingete erinevus ja vastavalt pingete erinevuse väärtusele muudetakse alalispingemuunduri (3) reguleerimisulatus suurendamiseks esimese kahesuunalise muunduri (31) sildlülituse konfiguratsiooni täissilla ja asümmeetrilise poolsilla vahel.

1/2

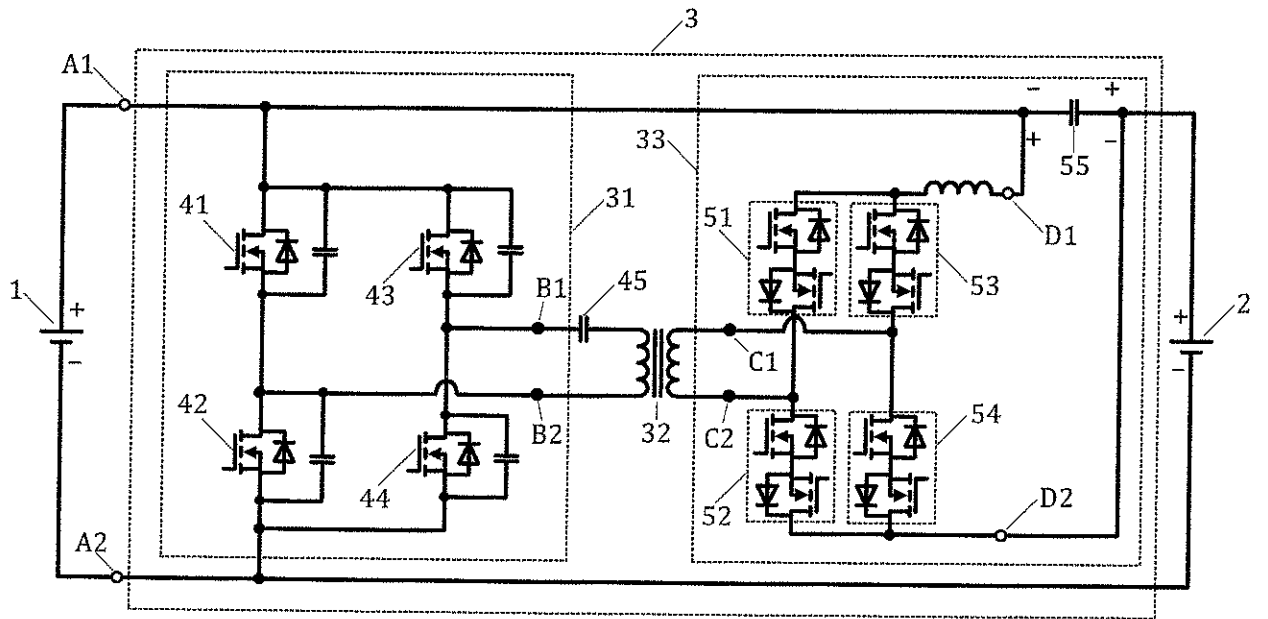


Fig 1

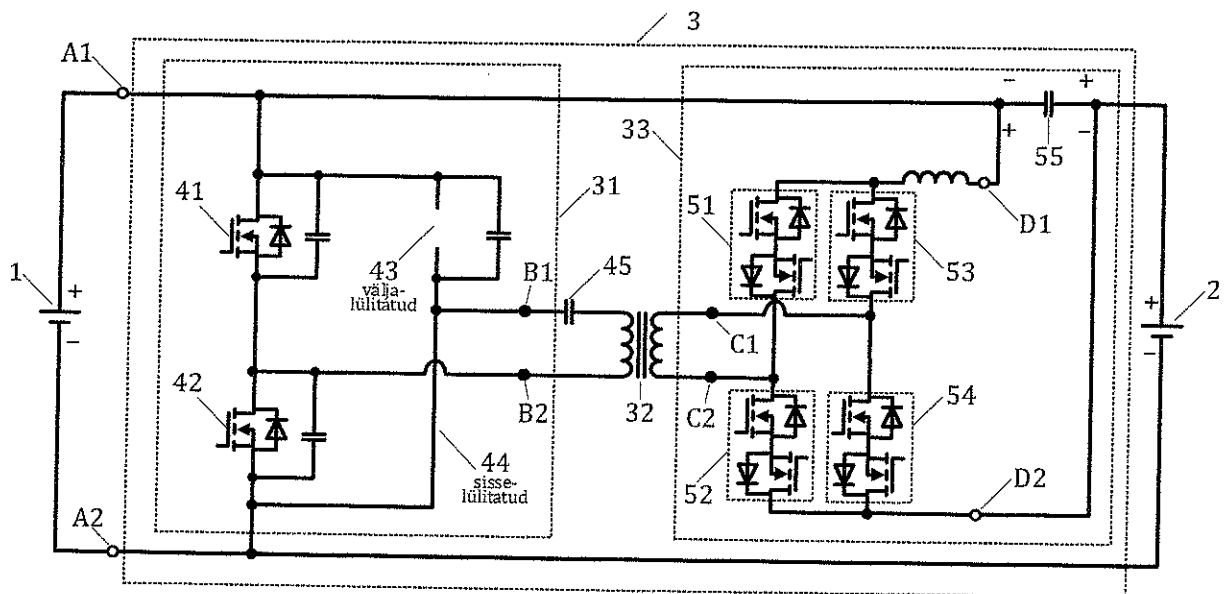


Fig 2

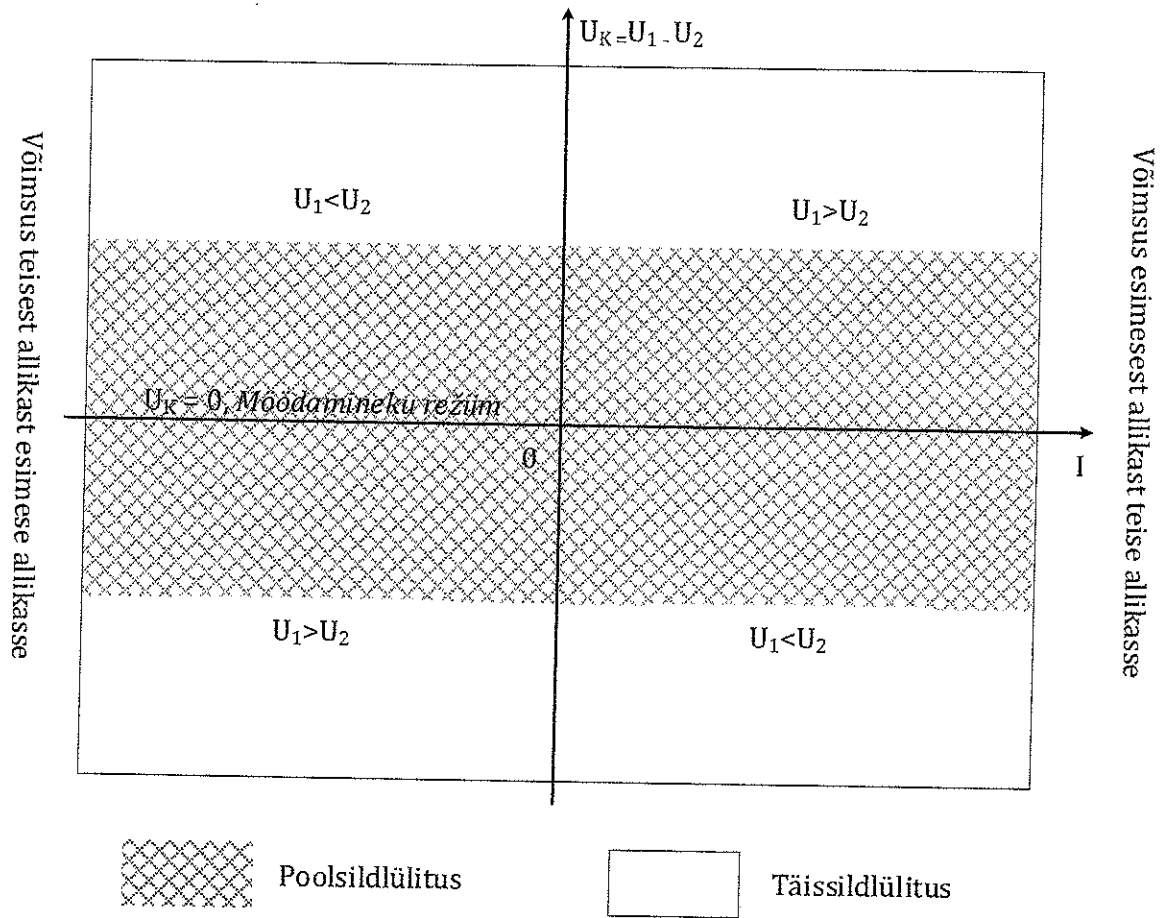


Fig 3